Universidade Federal do Pará

Instituto de Geociências

Faculdade de Meteorologia

DOUGLAS CARVALHO DE OLIVEIRA

ESTUDO DE CASO DE UM SISTEMA CONVECTIVO DE MESOESCALA NA CIDADE DE BELÉM EM SETEMBRO DE 2012

BELÉM-PA

2014

DOUGLAS CARVALHO DE OLIVEIRA

ESTUDO DE CASO DE UM SISTEMA CONVECTIVO DE MESOESCALA NA CIDADE DE BELÉM EM SETEMBRO DE 2012

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de meteorologista no curso de Meteorologia da Universidade Federal do Pará, UFPA.

Orientador: Prof. Dr. Galdino Viana Mota.

BELÉM-PA

2014

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/UFPA

Oliveira, Douglas Carvalho de, 1982-
Estudo de caso de um sistema convectivo de mesoescala na cidade de Belém em setembro de 2012 / Douglas Carvalho de Oliveira. – 2014.
33 f : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Galdino Viana Mota
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2014.

1. Tempestades – Belém (PA). 2. Precipitação (Meteorologia) – Belém (PA). I. Título.

CDD 22 ed. 551.55098115

DOUGLAS CARVALHO DE OLIVEIRA

ESTUDO DE CASO DE UM SISTEMA CONVECTIVO DE MESOESCALA NA CIDADE DE BELÉM EM SETEMBRO DE 2012

Qualificação do Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Meteorologia da Universidade Federal do Pará – UFPA, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. Galdino Viana Mota.

Data de aprovação: ___/___/_____

Conceito: _____

Banca examinadora:

_____

Prof.: Galdino Viana Mota - Orientador
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

_____

Meteorologista: Hernani José Brazão Rodrigues
Doutor em Agrometeorologia
Universidade Federal do Pará

_____

Meteorologista: Renata Kelen Cardoso Câmara - Membro
Mestre em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Pará

BELÉM-PA

2014

Dedico este trabalho a minha mãe Glória e a minha irmã Thaís que sempre estiveram comigo em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo de bom que ele fez pela minha vida.

Agradeço a Universidade Federal do Pará.

Ao meu orientador e Prof. Galdino Viana Mota.

A minha mãe e a minha irmã, que me apoiaram na conclusão deste trabalho.

E a todos os professores, que me ajudaram a concluir o curso.

“A alegria que se tem em pensar e aprender faz-nos pensar e aprender ainda mais”.

Aristóteles

RESUMO

Um dos fenômenos meteorológicos mais observáveis que afetam a sociedade em geral são as tempestades convectivas com precipitações intensas. Do ponto de vista estatístico, esses eventos intensos são aqueles que, apesar de serem pouco numerosos, são responsáveis por uma grande porcentagem do total de chuva em um dado período e região, ou seja, são eventos com grande volume de chuva em um curto espaço de tempo (Xavier et al, 2007). O presente trabalho tem como objetivo expor uma análise sinótica da cidade de Belém, no estado do Pará, do dia 27/09/2012. Nesse mesmo dia ocorreu uma tempestade em que se observou uma precipitação acumulada de cerca de 75 mm, causando alagamentos em vários pontos da cidade em estudo. Com dados meteorológicos de superfícies (INMET), a radiossondagem (CPTEC) e imagens de satélite (GOES), verificou-se em torno das 18:00 UTC a presença de um sistema convectivo na cidade de Belém.

Palavras-chave: Tempestade, precipitação, Imagens Infravermelho, Belém.

ABSTRACT

One of the most observable meteorological phenomena that affect society in general are the convective storms with heavy rainfall. From a statistical viewpoint, these intense events are those which, although not numerous, are responsible for a large percentage of the total rainfall in a given period and region, ie, are events with large amounts of rain in a short time (Xavier et al, 2007). The present work aims to expose a synoptic analysis of the city of Belem, state of Para, day 27/09/2012. That same day there was a storm that saw a cumulative rainfall of about 75 mm, causing floods in the city under study. With meteorological data surfaces (INMET), the radiosonde (CPTEC) and satellite imagery (GOES), it was around 18:00 UTC the presence of a convective system in the city of Belem.

Keywords: Storm, precipitation, Infrared Images, Belem.

LISTA DE ILUSTRAÇÔES

Figura 1(a) e 1(b) - Imagens da cidade de Belém.....13

Figura 02 – Gráfico de precipitação horária acumulada 14

Figura 03 – Gráfico de temperatura do ar.....15

Figura 04 – Gráfico de Direção do Vento.....17

Figura 05 – Gráfico de Velocidade do Vento.....18

Figura 06 – Radiossondagem.....22

Figura 07 a 22 – Imagens de satélite.....23 a 31

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Valores críticos do Índice K.....18

Tabela 02 - Valores críticos do Índice Total-Totals.....19

Tabela 03 – Valores criticos do Índice SLI.....19

Tabela 04 - Valores críticos do Índice CAPE.....20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... ...13

2 METODOLOGIA E DADOS.....14

3 RESULTADOS E DISCURSÕES.....15

4 CONCLUSÃO.....32

5 REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS..... 33 e 34

1 Introdução

A região Tropical, em destaque a Amazônia, é conhecida como uma região quente e úmida; todavia estas condições muitas vezes são alteradas por influência de fatores de grande escala, fazendo com que alguns parâmetros meteorológicos sofram consideráveis variações. Esta região tem por características altas temperaturas e elevadas taxas pluviométricas, em que altas temperaturas estão associadas à disponibilidade de radiação solar incidente que favorece a convecção. Devido a intensa atividade convectiva na região, a Amazônia não possuí estações do ano bem definidas, mas um período chuvoso que vai de novembro a abril, e outro período seco que vai de maio a outubro (LUCAS, FILHO, OLIVEIRA & SOUZA). Sendo Belém do Pará situada na região tropical tempestades são muito comuns, como mostra a reportagem a seguir:

"Mais uma árvore caiu após uma forte chuva na capital paraense. Dessa vez, a situação aconteceu no final da tarde desta quinta-feira (27), na Travessa Padre Eutíquio, próximo a um shopping da cidade. O trânsito no local está complicado. Das três pistas da Padre Eutíquio, apenas uma está liberada para a passagem de veículos. Uma equipe do Corpo de Bombeiros já foi acionada para atender a ocorrência. Ainda não há informações sobre feridos. Essa é a terceira queda de árvore registrada pelo Portal ORM somente neste mês de setembro. Na semana passada, outra mangueira caiu e atingiu três carros que estavam estacionados próximo à Estação das Docas. Na semana anterior, uma outra árvore caiu e destruiu uma residência, na Travessa Lomas Valentinas, no bairro da Pedreira". (Portal ORM, 27/09/2012).

A convecção nessa região é um importante mecanismo de aquecimento da atmosfera tropical, e suas variações, em termos de intensidade e posição, exercem um papel fundamental na determinação do tempo e clima desta região (FIGUEROA; NOBRE, 1990). Segundo Molion (1987, 1993) no que diz respeito às circulações de macro e meso-escala que atuam na Amazônia e seus processos dinâmicos que organizam e promovem a precipitação, os mecanismos que provocam chuva na região amazônica podem ser classificados em três tipos:

a) Convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e condições de larga-escala favoráveis;
b) Linhas de instabilidade originadas na costa N-NE do litoral do Atlântico;
c) Aglomerados convectivos de meso e larga escala, associados com a penetração de sistemas frontais na região S/SE do Brasil e interagindo com a região Amazônica;

Sendo a cidade de Belém, localizada na bacia amazônica todos esses fatores vão contribuir para as chuvas ocorrentes na cidade e para ao outras condições de tempo que caracterizam a região

O objeto deste trabalho é o estudo de um evento de tempestade ocorrida no dia 27 de setembro de 2012 que gerou uma precipitação contínua durante cerca de 4 horas na cidade de Belém do Pará.

2 – Materiais e Métodos

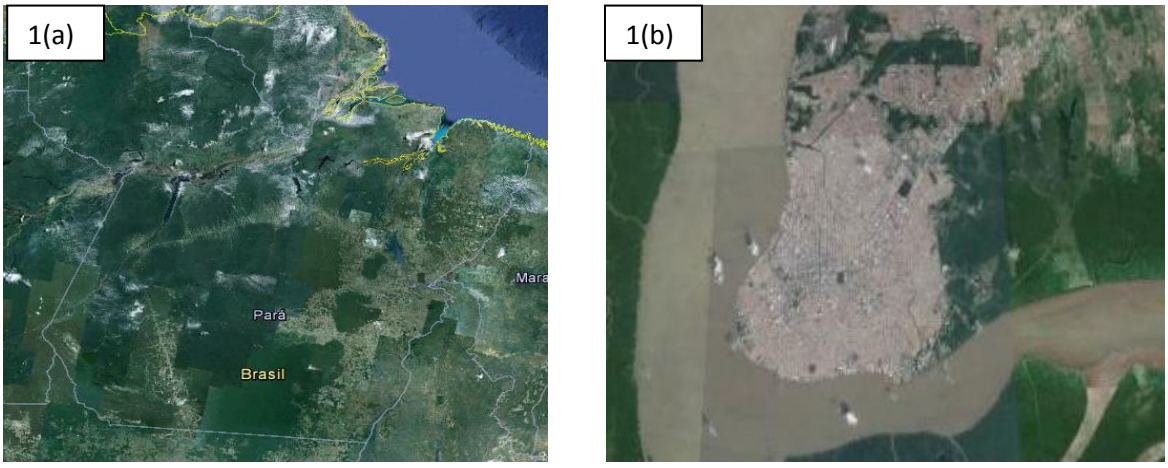
2.1 Localização:

A cidade de Belém está localizada no Estado do Pará, com coordenadas geográficas de 01º 23'S e 048º 29'W e altitude média de 11 metros em relação ao nível do mar, possui uma área de 1.065 km², e uma população de mais de 2.000.000 de habitantes (IBGE- 2006).

Geografia: Planície, sendo que a parte urbana da cidade é em forma de istmo cercado de rios, principalmente o Amazonas e inúmeras ilhas. A Costa Atlântica é muito extensa e a poucos quilômetros da cidade.

Clima: Quente e úmido, com temperatura média anual de 26ºC. Em Belém a umidade média relativa do ar está em torno de 90%, e o índice pluviométrico entre 2.300 mm. a 3.000 mm./ano. (EMBRAPA, 2012)

Figura 1(a) localização do estado Pará e 1(b) Localização da cidade de Belém.



Fonte: Google Earth.

Foram utilizados para este trabalho dados de superfície do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) do dia 27 de setembro de 2012 com as variáveis de PRP acumulada, direção e velocidade do vento. Esses dados foram coletados de hora em hora e utilizados em forma de gráficos. Também foi utilizada radiossondagem (para avaliar os índices de instabilidade

atmosféricos do dia do evento) e imagens de satélite GOES no canal Infravermelho (realçada) nos horários das 18:45, 19:30, 19:45, 20:00, 20:15, 20:30, 21:00, 21:15, 21:30 UTC.

3 – Resultados e Discussões

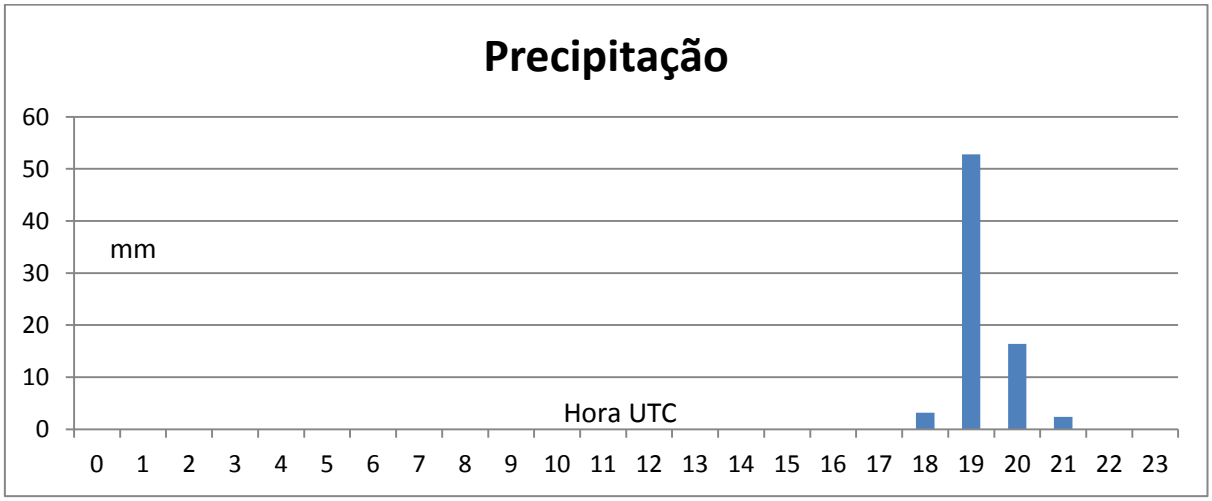
3.1 Dados de superfície

Precipitação

Chama-se pluviometria à quantificação das precipitações.A quantidade de precipitação é normalmente expressa em termos da espessura da camada de água que se forma sobre a superfície horizontal, plana e impermeável, com 1m² de área. (VAREJÂO, 2005).

A figura 02 mostra uma precipitação acumulada de cerca de 75 mm do dia 27 de setembro de 2012. Essa chuva foi registrada a partir das 18 horas UTC com um acumulado de 3,2 mm nesta mesma hora e chegando a 52,8 mm às 19 horas (o período em que se registrou a maior quantidade de chuva acumulada). A partir das 20 horas ocorreu 16,4 mm de prp e se estendeu até às 21 horas UTC quando ocorreu apenas 2,4 mm de precipitação acumulada.

Figura 02: Precipitação horária acumulada na estação de superfície do INMET do dia 27/09/2012.



Fonte: Autor.

Temperatura

Define-se temperatura do ar como a quantidade de calor existente no ar. Ela sofre influência de vários fatores, oscilando de acordo com:

– **Altitude**: nas maiores altitudes, as temperaturas são menores, porque o ar se apresenta mais rarefeito e, assim, absorve menor quantidade de calor.

– **Latitude**: quanto menor a latitude, maior é a temperatura, pois os raios solares incidem de forma perpendicular sobre a região equatorial. À medida que aumenta a latitude, vai aumentando a inclinação dos raios solares e, portanto, aquecendo menos a atmosfera.

– **Chuvas**: resfriam a troposfera, em função do aumento da umidade no ar.

– **Vegetação**: a transpiração dos vegetais aumenta a umidade do ar diminuindo, assim, as temperaturas.

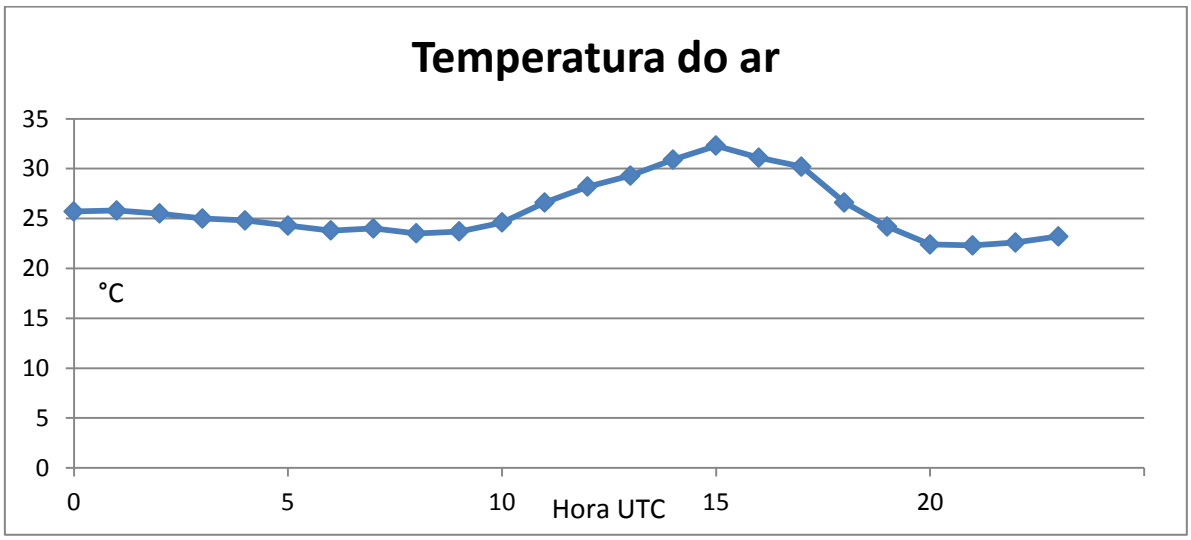
– **Ventos**: podem aquecer ou resfriar a troposfera, dependendo do local de origem.

– **Correntes marítimas**: aquecem ou resfriam a atmosfera, dependendo do local onde se originam.

– **Aglomerados urbanos**: responsáveis pela criação de verdadeiras "ilhas de calor". Nas cidades, as temperaturas são maiores, como consequência da relação do calor com o asfalto e concreto, dos motores e fornos ligados, e a pequena quantidade de vegetação.

A figura 03 mostra a oscilação da temperatura na cidade de Belém no dia 27/09/2012. No inicio da trovoada ocorreu uma queda na temperatura do ar a partir das 15 horas UTC, de 30,2° para 26,6°C a partir das 18 horas. Depois houve uma significativa queda da temperatura, chegando a 22,6 às 21 horas UTC.

Fig. 03: Temperatura do ar (°C) instantânea horária medida na estação do INMET no dia 27/09/2012.



Fonte: Autor.

Direção e Velocidade do Vento

Direção do vento

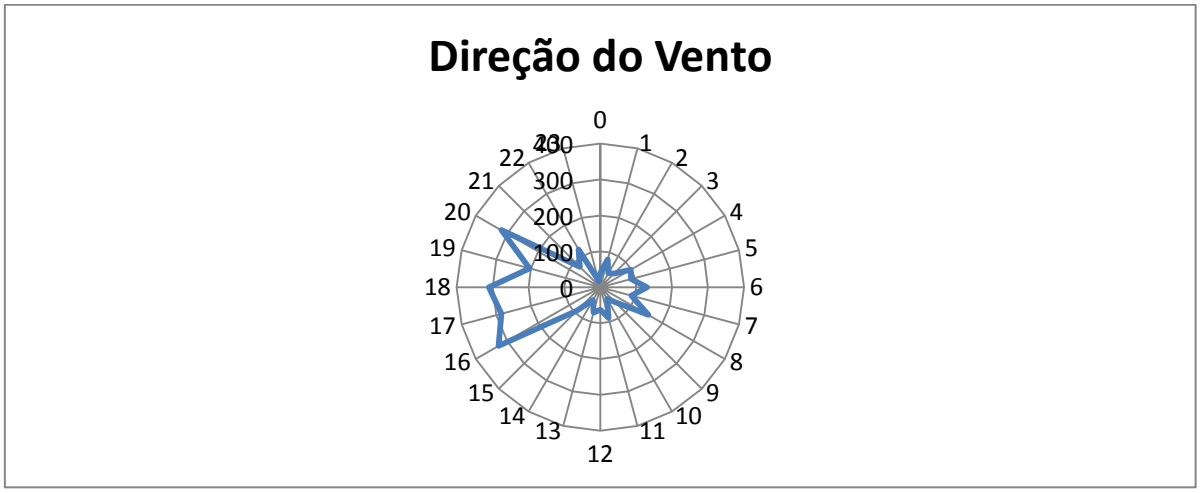
Os ventos são denominados a partir da direção de onde eles sopram. Um vento norte sopra do norte para o sul, um vento leste sopra de leste para oeste. A direção do vento é, portanto, o ponto cardeal de onde vem o vento: N, NE, E, SE, S, SW, W e NW. As medidas básicas do vento referem-se à sua direção e velocidade. A direção do vento é variável no tempo e no espaço, em virtude da situação geográfica do local, da rugosidade da superfície associada ao relevo e a vegetação, do clima e da época do ano. (VENDRAMINII, 1986) A

mudança brusca na direção do vento é um dos indícios da aproximação de um evento extremo de tempestade.

O vento pode ser gerado por diversos fatores, tais como: gradiente de pressão horizontal, diferença de temperatura horizontal e instabilidade atmosférica (Linacre, 1992), sendo o principal fator gerador o aquecimento diferencial, pois o mesmo gera gradiente de pressão atmosférica, tanto em escala local como global, dando origem aos ventos. Quanto mais próximos estiverem as isotacas (linhas de mesma magnitude de vento), maior será o gradiente de pressão, sendo assim maior a magnitude do vento. Essas variações de intensidade e direção do vento são importantes, devido ao mesmo desempenhar um papel decisivo na distribuição de calor e umidade na atmosfera (Barreto et al, 2002).

A figura 04 mostra uma oscilação da direção do vento de 34 a 154 graus (ventos oriundos de nordeste e sudeste que ocorreu às 00 e predominou até às 15 UTC). A partir das 16 horas houve uma mudança de direção para o 2° quadrante (ventos vindos de noroeste) predominando essa mudança até às 20 horas UTC (período esse que foi registrado a precipitação, de acordo com o INMET). A partir das 21 até às 23 horas, a direção do vento oscilou entre 1° e 4° quadrante, seja, de nordeste e sudeste.

Fig. 04: Direção do Vento (graus) registrada na estação de superfície do INMET de Belém no dia 27/09/2012.



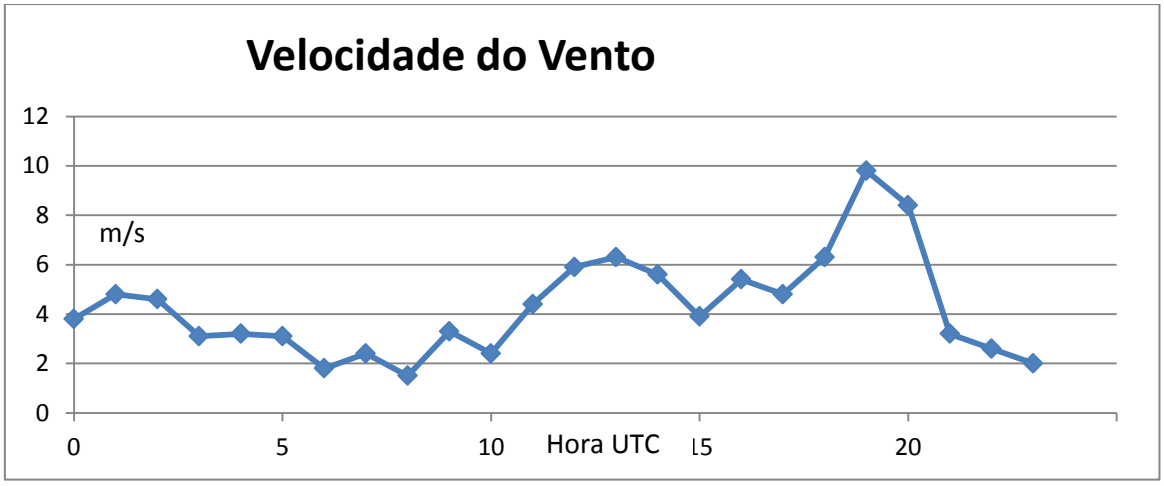
Fonte: Autor.

Rajadas são variações significativas de intensidade do vento. Sabe-se que rajadas são comuns durante tempestades severas (na região de predominância de ventos subsidentes em uma nuvem Cumulonimbus). Entende-se também que quanto menor a diferença entre a

temperatura do ar (T) e a temperatura do ponto de orvalho (Td), maior é a umidade do ar e quanto maior a temperatura maior será a probabilidade de formação de nuvens convectivas (que podem causar tempestades severas). A partir daí, espera-se a relação entre a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho estejam bem relacionadas com as ocorrências de rajadas e com a presença de trovoadas (LIMA, 2008).

Durante a evolução da tempestade, a variação da intensidade do vento fica bem evidente a partir das 19 horas UTC quando sua velocidade chega a 9,8 m/s.

Fig. 05: Velocidade do Vento (em m/s) registrada na estação de superfície do INMET de Belém do dia 27/09/2012.



Fonte: Autor.

Radiossondagem

As radiossondas são instrumentos que realizam medidas das propriedades do ar em altitude e são lançadas acopladas a balões meteorológicos. Este instrumento fornece medidas das seguintes propriedades: pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar. Essas medições são transmitidas para equipamentos localizados na superfície que processam e armazenam os dados obtidos.(LOUREIRO, 2005).

Segundo Escobar (2007), denomina-se índice de instabilidade o valor numérico que permite expressar a instabilidade da atmosfera. Os índices são muito importantes em relação a técnicas de previsão de tempo já que têm a vantagem de serem fáceis de calcular e são mais úteis quando são combinados objetiva ou subjetivamente com outros dados e situações sinóticas.

Para avaliar a capacidade potencial da atmosfera para o desenvolvimento de tempestades, foram avaliados a partir da radiossondagem os seguintes Índices de Instabilidade: K, TT e CAPE.

O **índice K** é uma medida do potencial de instabilidade baseado na variação vertical de temperatura, no conteúdo de umidade na baixa troposfera e na extensão vertical da camada úmida.

$K= (T_{850}-T_{500})+Td_{850}-(T_{700}-Td_{700})$, onde:

T850 temperatura do nível de 850 hPa (°C);

T500 temperatura do nível de 500 hPa (°C);

Td850 temperatura do ponto de orvalho do nível de 850 hPa(°C);

T700 temperatura do nível de 700 hPa (°C);

Td700 temperatura do ponto de orvalho do nível de 700 hPa (°C);

Quanto maior for o valor do índice de instabilidade k maior será a possibilidade de tempestades. No caso da radiossondagem do dia 27/09/2013 foi registrado um valor de 26 que se enquadraria na formação de Cbs muito esparsos como mostra a tabela 01.

TABELA 01 – Valores críticos do Índice K.

valor	Condições de Tempo
20 – 25	Formação de Cb isolados
25 – 30	Formação de Cb muito esparsos
30 – 35	Formação de Cb esparsos
> 35	Formação de Cb numerosos

Fonte: DIAS, V. S. 2008.

O **índice de instabilidade TT** também pode ser utilizado para determinar a possibilidade de ocorrência de tempestades em uma determinada região, utilizando os dados obtidos de radiossondagens. É obtido pela equação:

$TT = (T_{850}-T_{500})+(Td_{850}-T_{500})$, onde:

T_{850} temperatura do ar no nível de 850hPa (ºC);

T_{500} temperatura do ar no nível de 500hPa (ºC);

Td_{850} temperatura do ponto de orvalho no nível de 850hPa (ºC);

Os valores críticos dos índices de instabilidade descritos acima serão comparados com os valores calculados, com os dados da radiossondagem, para avaliar o potencial atmosférico para o desenvolvimento de atividade convectiva na região de estudo, no caso, Belém. O valor do índice TT foi de 47, o que caracteriza como tempestades esparsas como mostra a tabela 2.

TABELA 02 – Valores críticos do Índice Total-Totals.

Valor	Condições de Tempo
< 43	Tempo estável
≥44	Tempestades esparsas
≥50	Tempestades esparsas e severas
≥56	Tempestades numerosas severas

Fonte: DIAS, V. S. 2008.

ÍNDICE *SLI*

O índice *SLI* é dado pela fórmula:

$$SLI = T_{500} - T_{parcela}$$

onde $T_{parcela}$ representam a temperatura em Celsius no nível de 500 hPa de uma parcela levantada a partir da pressão, temperatura e temperatura do ponto de orvalho da superfície.

O valor do índice SLI foi de -5, o que caracteriza como prováveis tempestades severas.

Tabela 03 – Probabilidade de tempestades em função do valor do índice *SLI*.

Valores de SLI	Atividade convectiva
> 2	Sem atividade significativa
0 < *SLI* < 2	Prováveis pancadas – tempestades, com outra fonte de levantamento
-2 < *SLI* < 0	Prováveis tempestades
-4 < *SLI* < -2	Tempestades mais prováveis, porém pouca, com alguma severa
< -4	Prováveis tempestades severas

Fonte: Torres, R. R. 2008.

O **indice CAPE**, também conhecido como energia potencial disponível convectiva, corresponde à área entre a curva de temperatura do ambiente (dada pela sondagem) e a curva da adiabática saturada, do Nível de Convecção Espontânea (NCE) até o Nível de Equilíbrio (NE). O NCE é o nível em que a temperatura da parcela torna-se maior que a do ambiente, o que induz movimentos ascendentes espontâneos da parcela. O NE é o nível, perto do topo da troposfera, em que a parcela tem a mesma temperatura que a do ambiente e, portanto, não continua em seu movimento ascendente (representa o nível do topo das nuvens). Quanto maior o CAPE, maior é a diferença entre a taxa de variação vertical de temperatura do ambiente e da parcela, o que implica em um movimento de ascensão da parcela devido à sua flutuabilidade. O valor do CAPE é utilizado na verificação das condições de instabilidade da atmosfera provocada por processos convectivos (LOUREIRO, 2005).

$$\text{CAPE} = \int_{z=NCE}^{z=NE} g \frac{\Delta\theta e}{\theta es} dZ, \text{ onde;}$$

NE = nível de equilíbrio (térmico) [m];
NCE = nível de convecção espontânea [m];
g = aceleração da gravidade [m/s2];
$\Delta\theta e$ = diferença entre a temperatura potencial equivalente da parcela em superfície e a temperatura potencial equivalente saturada do ambiente, em cada nível [ºC], dado pela equação:

$$\Delta\theta e = \theta ep - \theta es$$

θep = temperatura potencial equivalente da parcela em superfície [ºC],
θes temperatura potencial equivalente saturada do ambiente, dada pela sondagem [ºC].

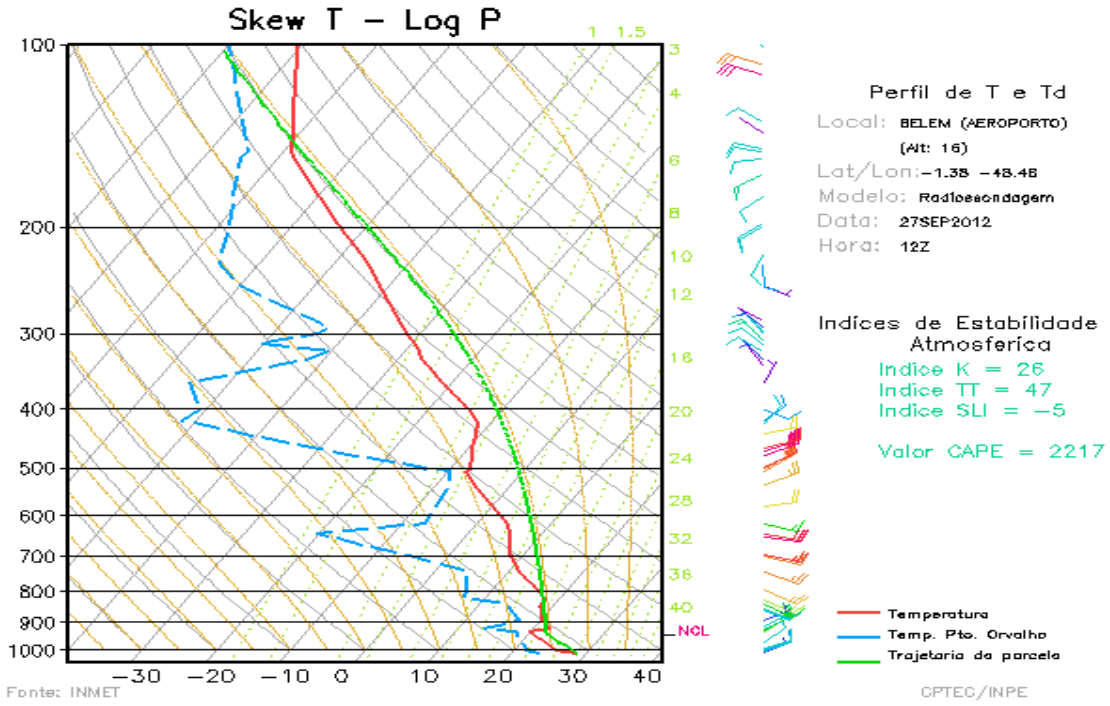
A radiossondagem do dia 27/09/2012 s 12Z mostra na cidade de Belém do Pará um índice CAPE de 2217, classificando-o como moderadamente instável como mostra a tabela 04.

TABELA 04 – Valores críticos de CAPE.

valor	Condições de tempo
0	Estável
0 – 1000	Pouco Instável
1000 – 2500	Moderadamente Instável
2500 – 3500	Muito Instável
> 3500	Extremamente Instável

Fonte: DIAS. V. S. 2008.

Figura 06: Ilustração do Diagrama Termodinâmico Skew T- Log P e dos índices de instabilidade.



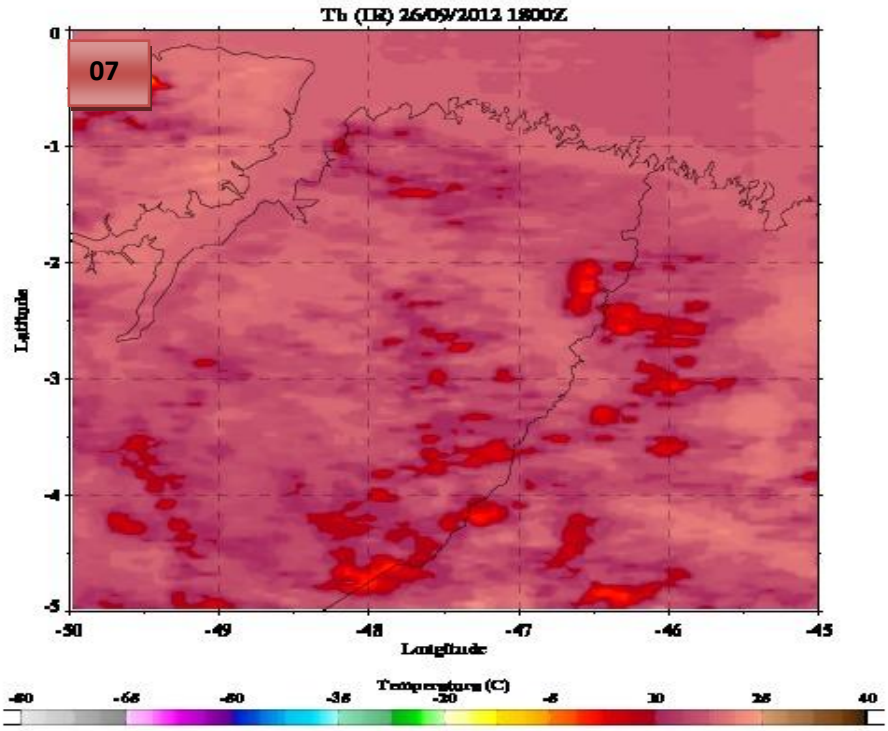
Fonte: CPTEC.

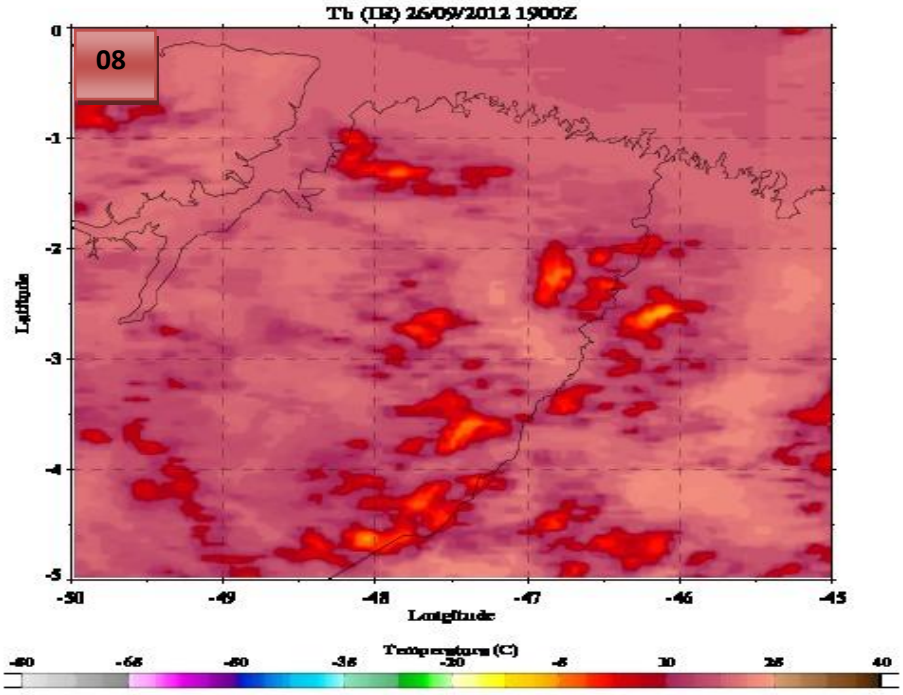
Imagens de satélite

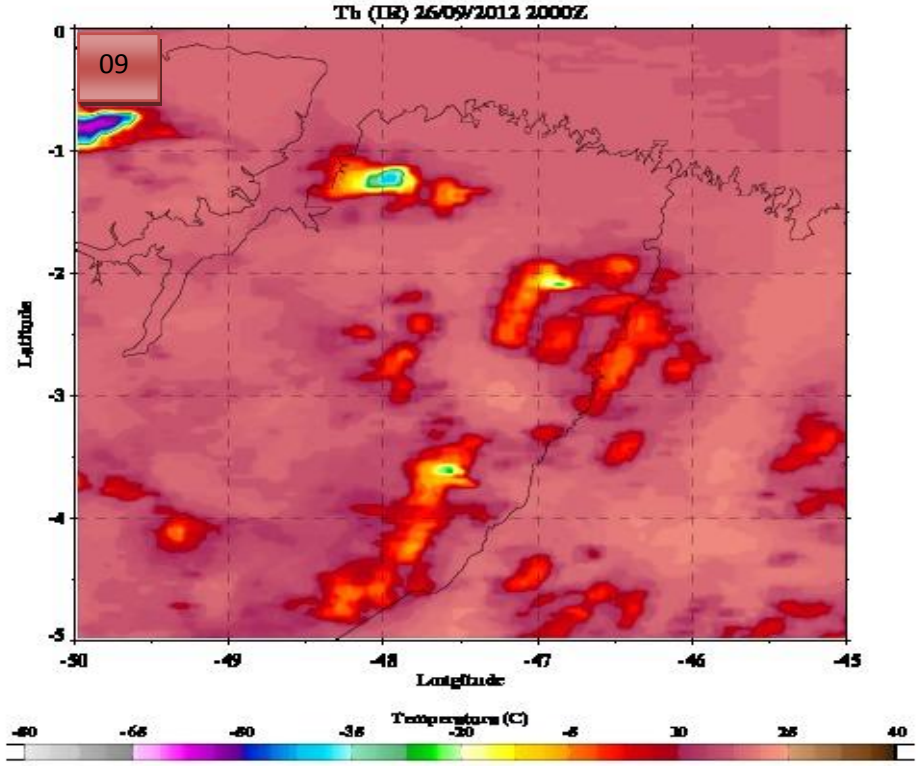
Os sensores de radiação infravermelho dos satélites meteorológicos medem a energia emitida pela superfície e pela atmosfera da Terra. A quantidade de energia emitida depende da temperatura da fonte radiativa. Na imagem do infravermelho, por convenção, tons claros representam áreas frias e tons escuros representam áreas quentes. O realce é uma técnica utilizada para aumentar o contraste e a nitidez de uma imagem com a finalidade de facilitar a interpretação. Cada elemento na imagem digital possui um numero (count) ao qual pode ser atribuído uma tonalidade de cinza ou uma cor, correspondente às radiâncias medidas. Realce é

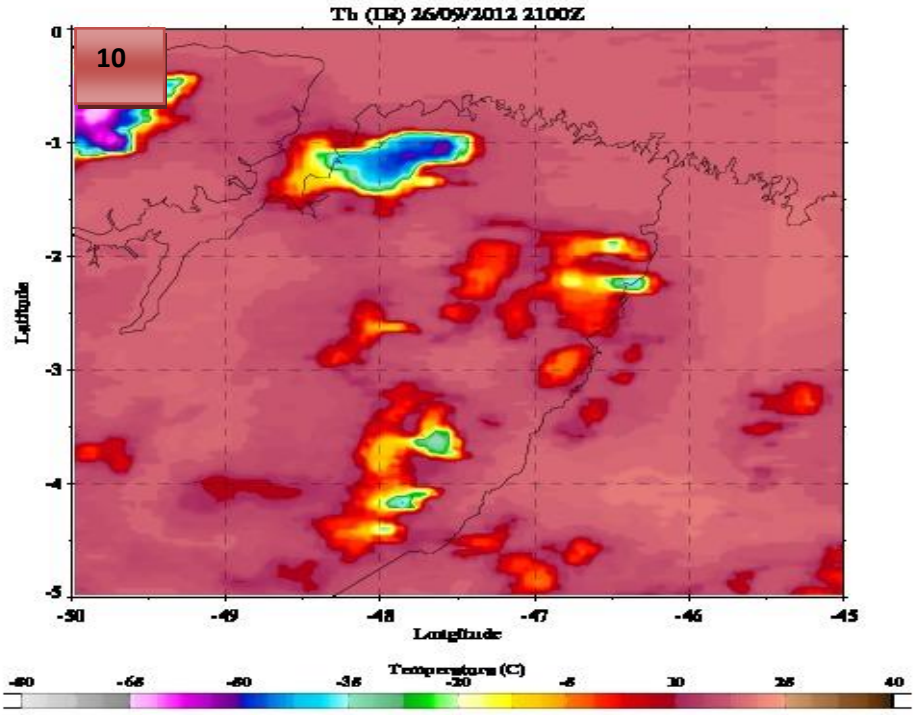
um ajuste no nível de cinza (ou cor) que produz uma imagem digital com os níveis de cinza (ou cores) alterados conforme alguma regra pré-estabelecida. Técnicas de realce podem ser utilizadas para a identificação de atividade convectiva severa.(Unesp).

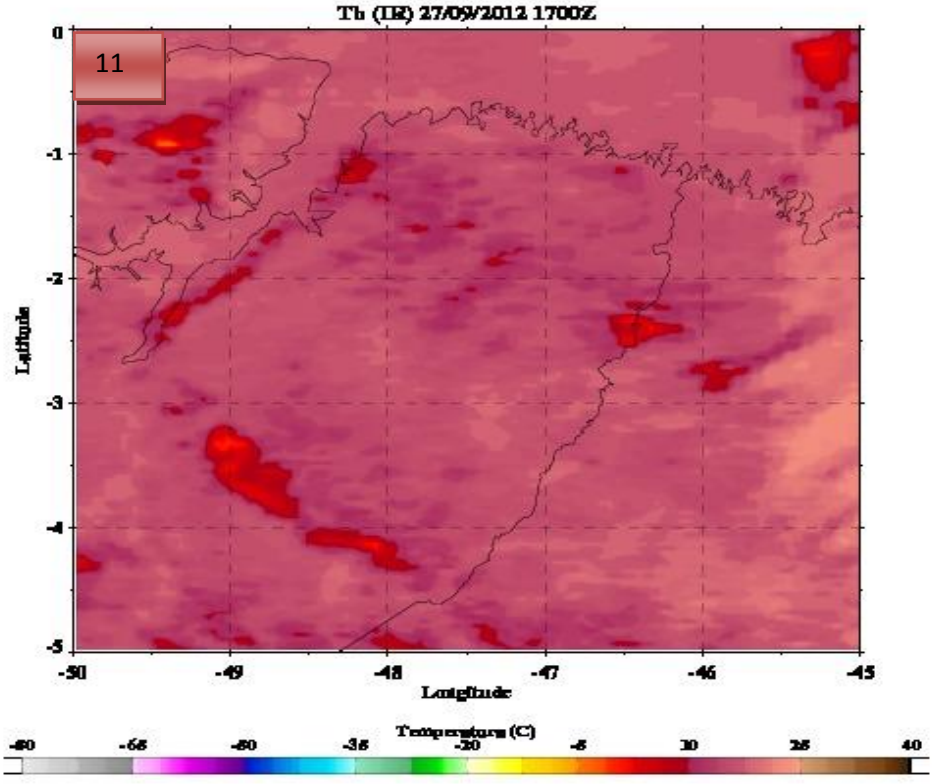
As imagens no canal infravermelho mostram a evolução temporal e espacial de uma tempestade ocorrida em Belém do Pará no dia 27/09/2012 que gerou uma precipitação de cerca de 75 mm na cidade. Esse sistema convectivo evoluiu no final da tarde local, até por volta das 2100 local (00:00 UTC). Imagens dos dias 26 e 28 foram usadas para comparação.

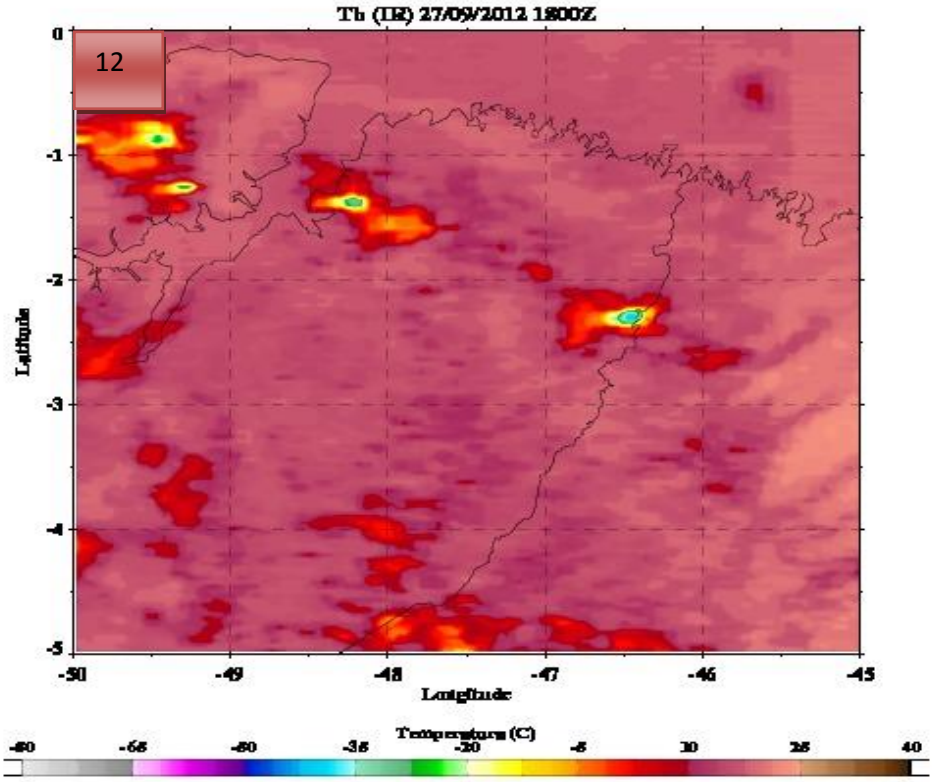


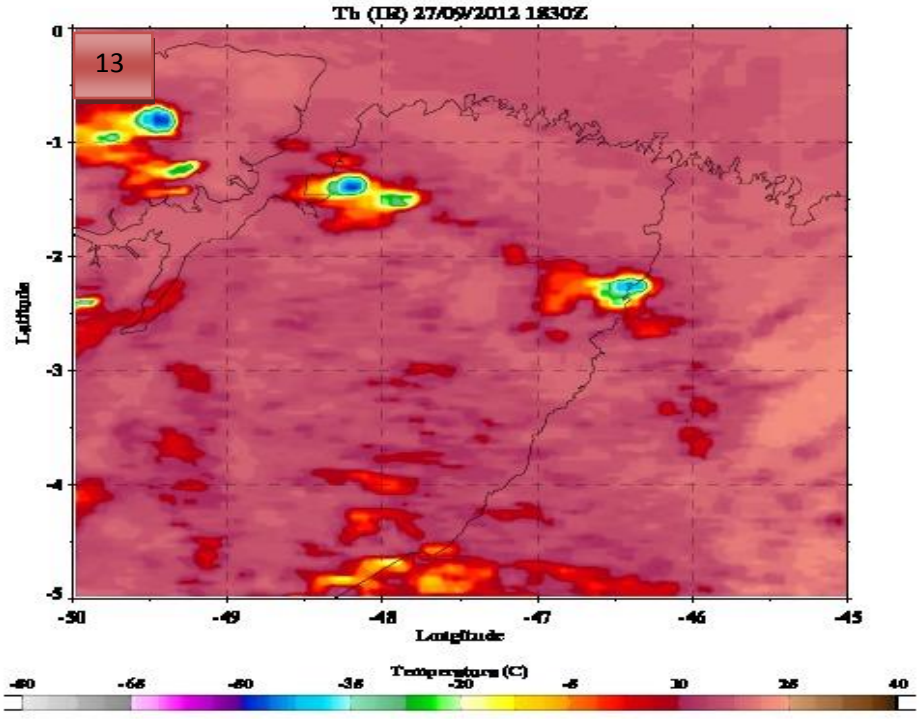

Tb (IR) 26/09/2012 1900Z
08
Latitude
Longitude
Temperature (C)

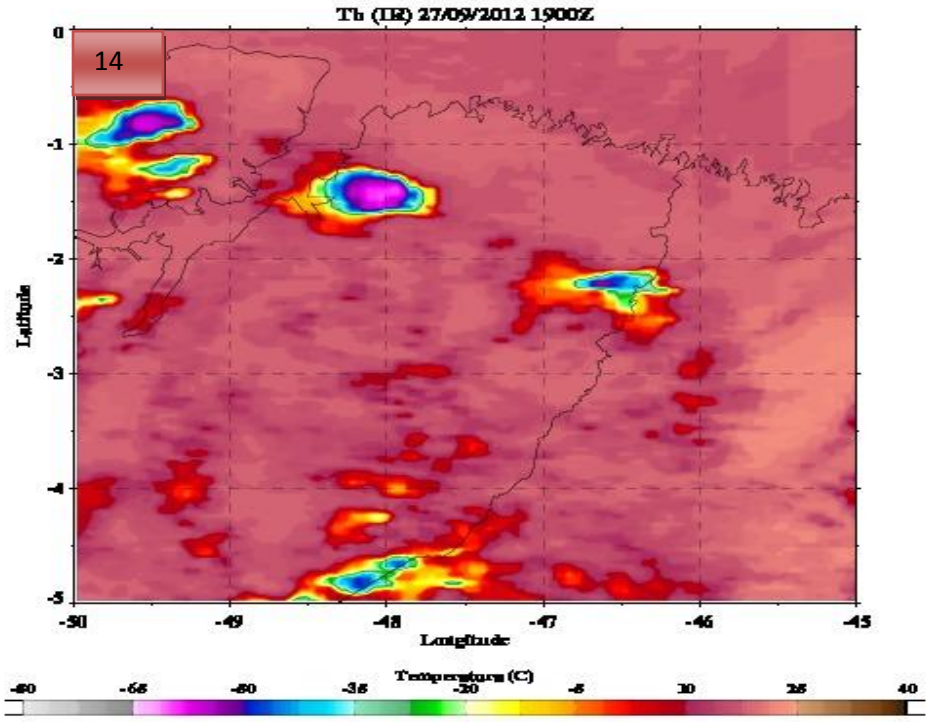

Tb (IR) 26/09/2012 2000Z
09
Latitude
Longitude
Temperature (C)

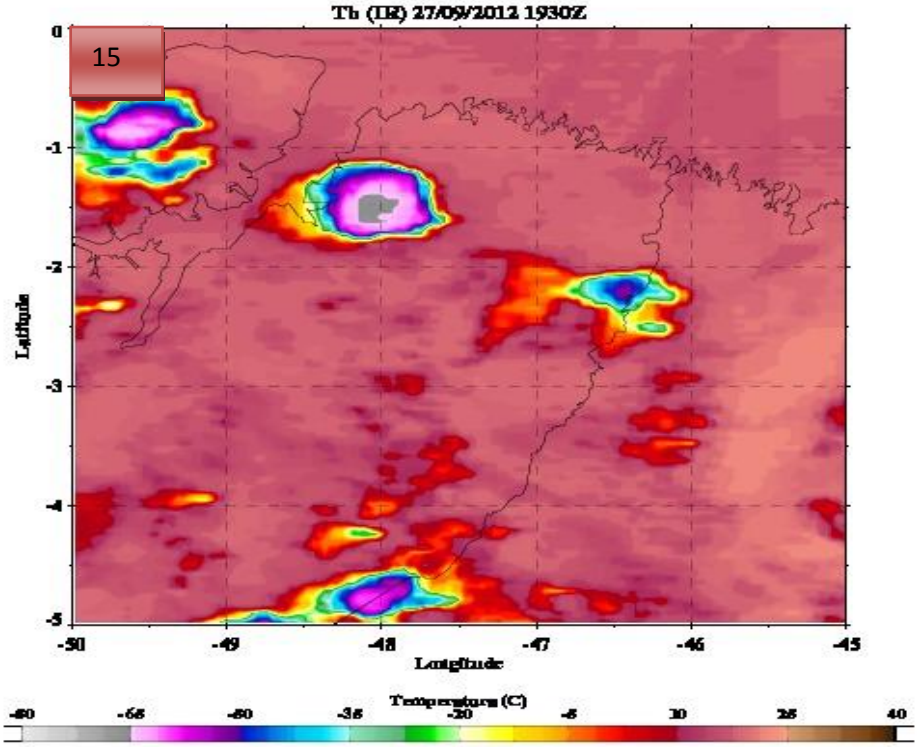

Tb (IR) 26/09/2012 2100Z
10
Latitude
Longitude
Temperature (C)

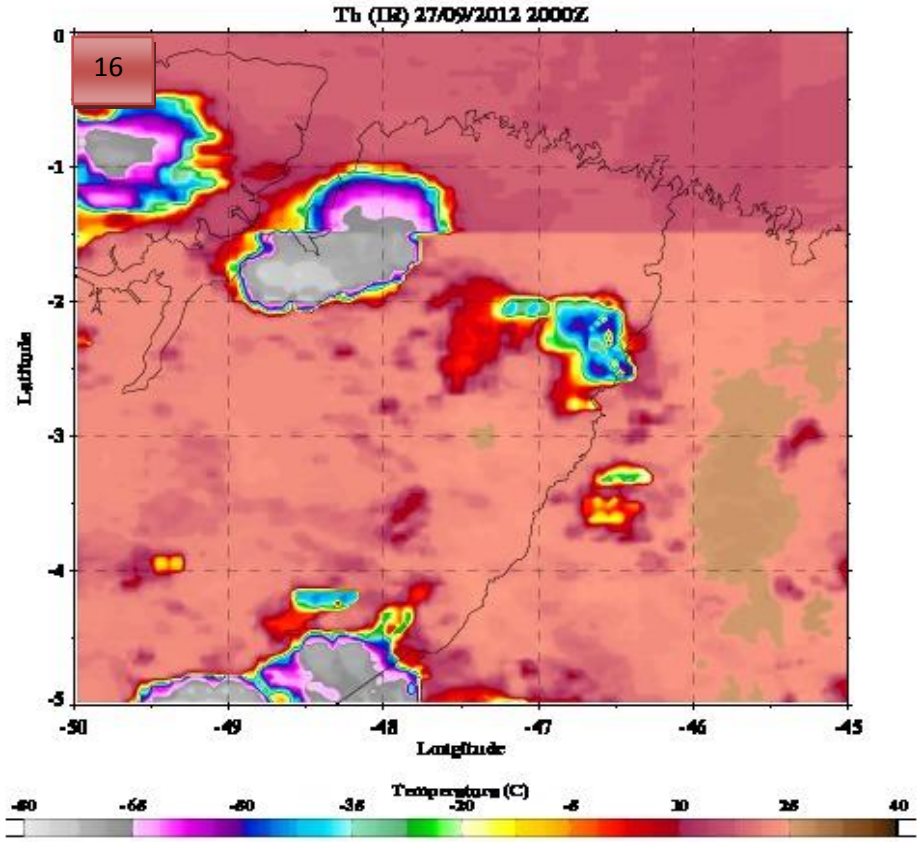

Tb (IR) 27/09/2012 1700Z
11
Latitude
Longitude
Temperature (C)

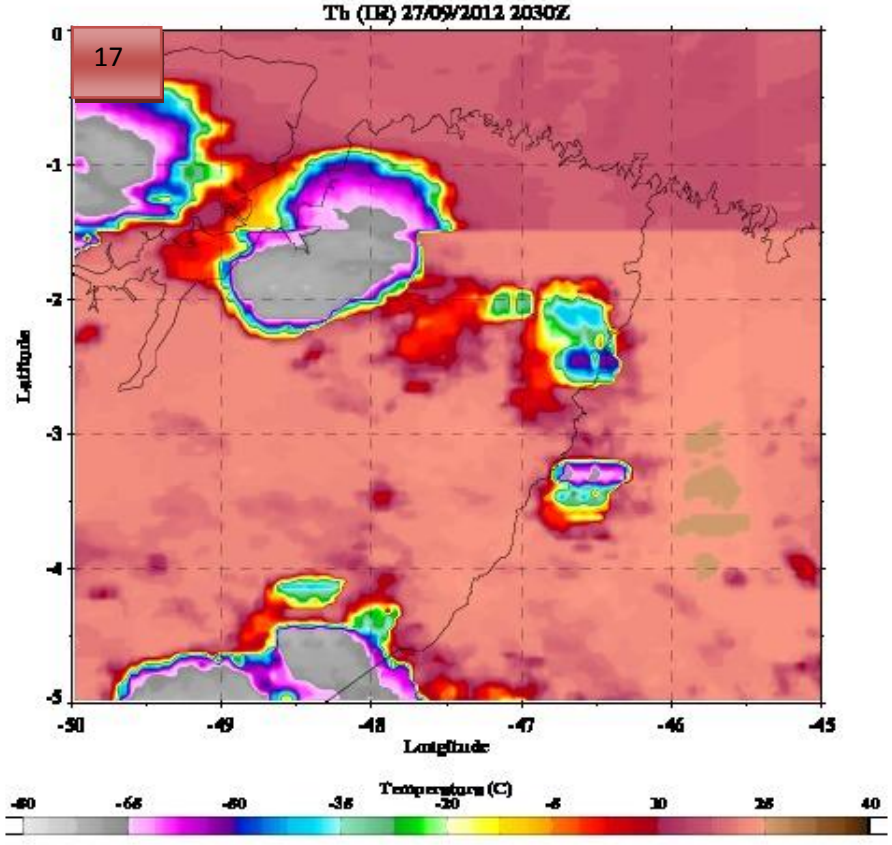

Th (IR) 27/09/2012 1800Z
12
Latitude
Longitude
Temperature (C)

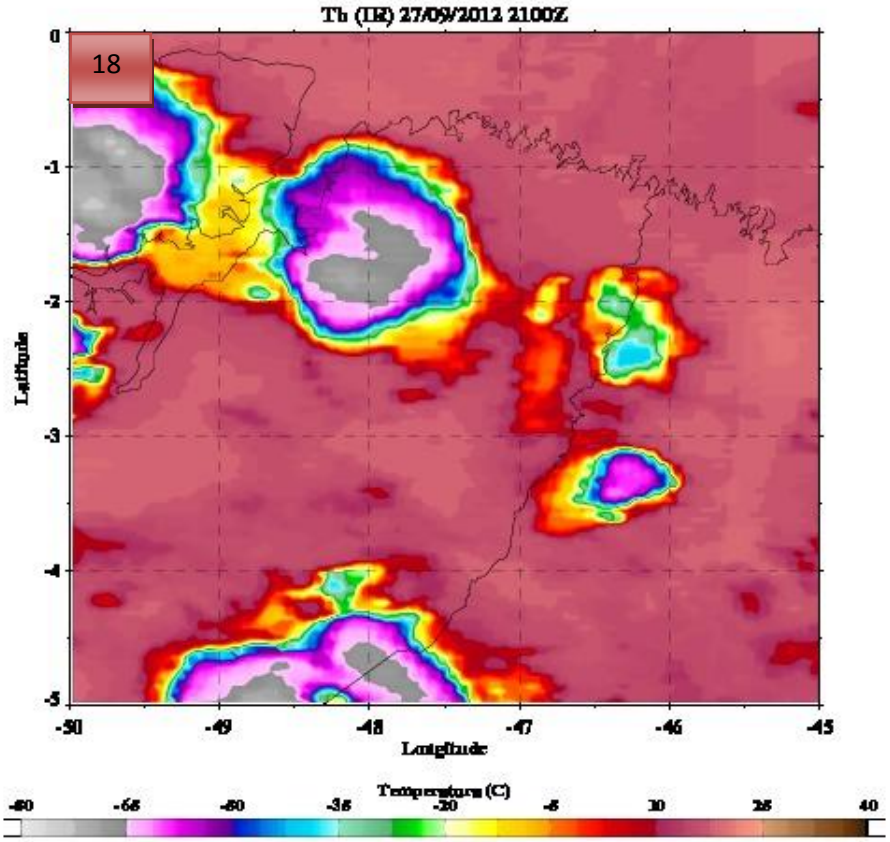

Th (IR) 27/09/2012 1830Z
13
Latitude
Longitude
Temperature (C)

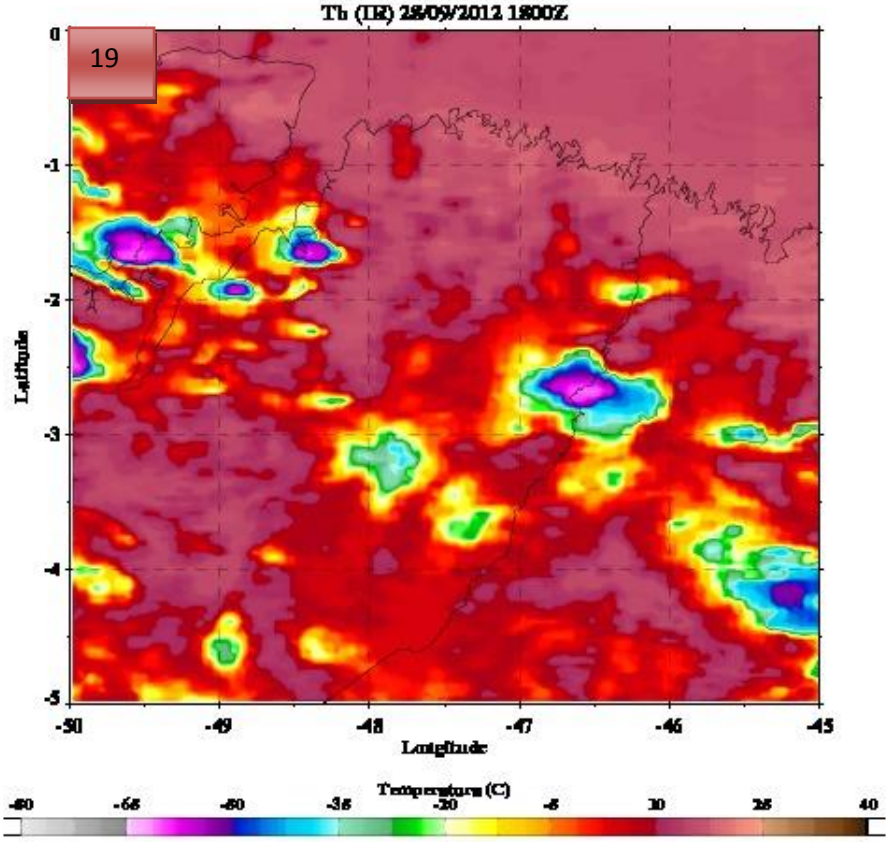

Th (IR) 27/09/2012 1900Z
14
Latitude
Longitude
Temperature (C)

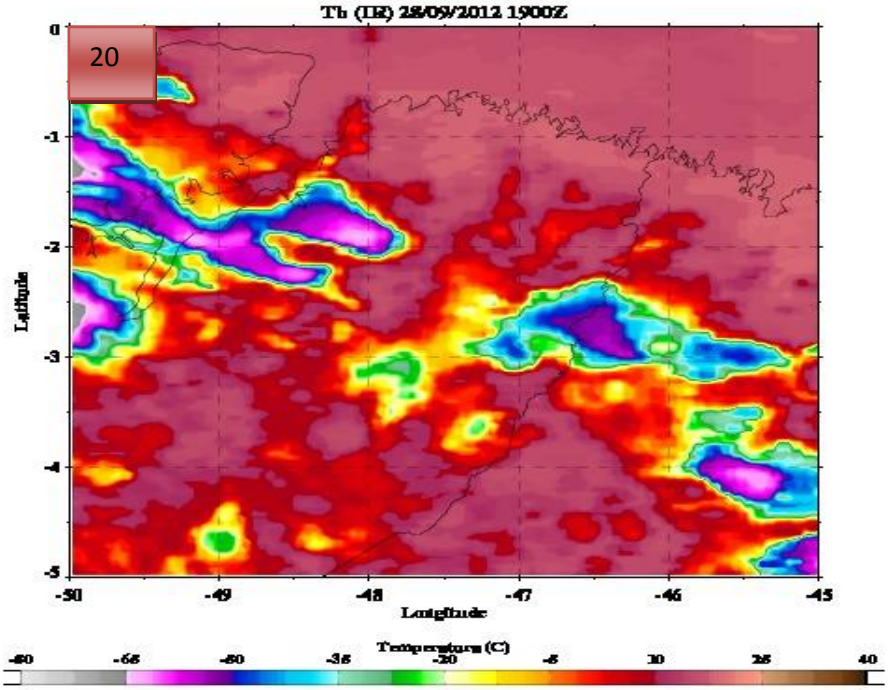

Th (IR) 27/09/2012 1930Z
15
Latitude
Longitude
Temperature (C)

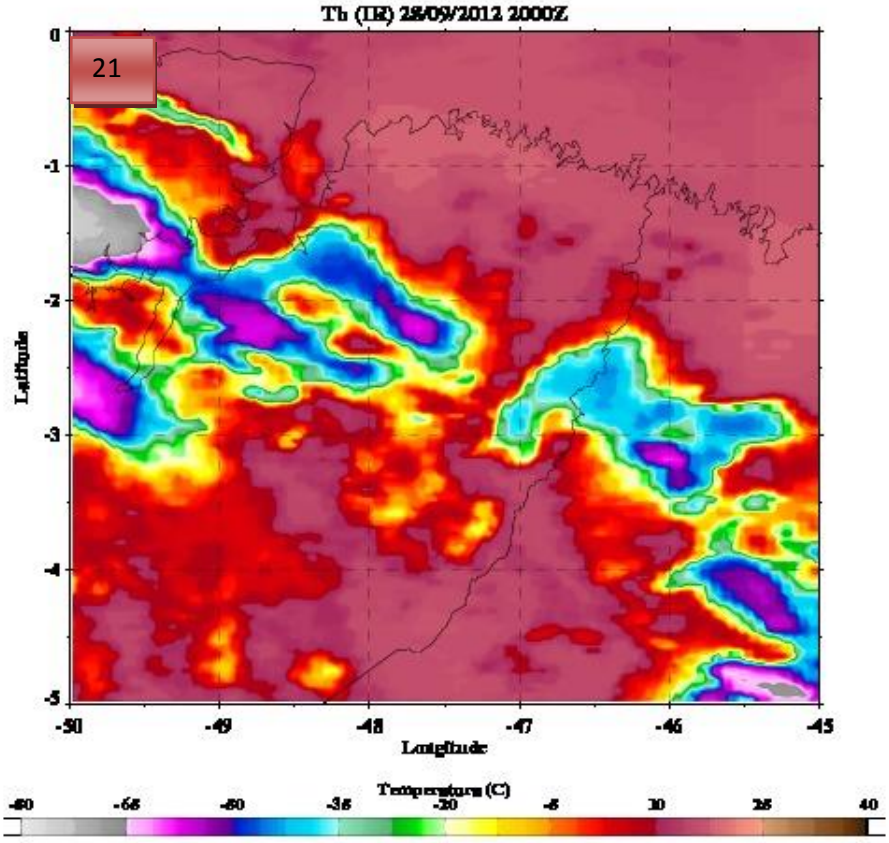

Tb (IR) 27/09/2012 2000Z
16
Latitude
Longitude
Temperature (C)

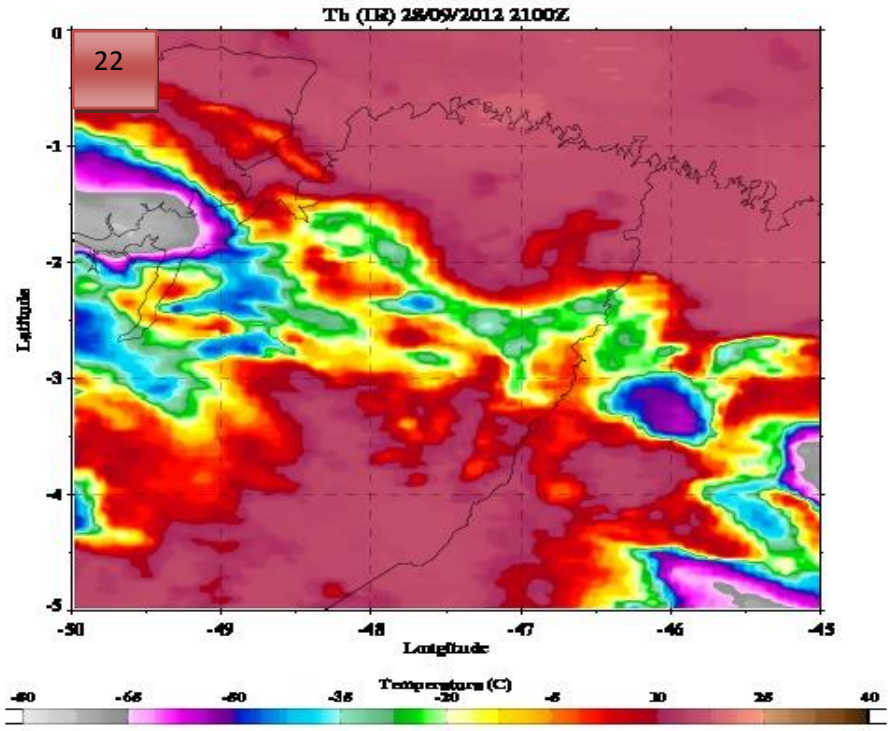

Tb (IR) 27/09/2012 2030Z
17
Latitude
Longitude
Temperature (C)


Tb (IR) 27/09/2012 2100Z
18
0
-1
-2
-3
-4
-5
Latitude
-50
-49
-48
-47
-46
-45
Longitude
Temperature (C)
-80
-68
-60
-38
-20
-8
10
28
40


Tb (IR) 28/09/2012 1800Z
19
0
-1
-2
-3
-4
-5
Latitude
-50
-49
-48
-47
-46
-45
Longitude
Temperature (C)
-80
-68
-60
-38
-20
-8
10
28
40


Tb (IR) 28/09/2012 1900Z
20
0
-1
-2
-3
-4
-5
Latitude
-50
-49
-48
-47
-46
-45
Longitude
Temperature (C)
-80
-65
-50
-35
-20
-5
10
25
40


Tb (IR) 28/09/2012 2000Z
21
0
-1
-2
-3
-4
-5
Latitude
-50
-49
-48
-47
-46
-45
Longitude
Temperature (C)
-80
-65
-50
-35
-20
-5
10
25
40



Pode se notar uma grande atividade convectiva no dia 27, com a formação de um sistema convectivo circular durante a tarde que se prolongou até o inicio da noite. No dia 26, (um dia antes) essa atividade não foi tão intensa quanto no dia 27, mas se mostrou bem expressiva. No dia 28 houve uma maior intensidade dessa atividade como mostra as imagens de satélite em questão.

4 – Conclusão

As condições atmosféricas do evento de precipitação na cidade de Belém do dia 27/09/2012 mostraram que:

A análise de precipitação mostrou que houve a partir das 18 horas e até as 2100 UTC uma chuva acumulada de cerca de 75mm na cidade de Belém e que foi registrada na estação do INMET.

A análise de temperatura do ar mostra uma variação significativa no final da tarde, chegando em uma diminuição de 3,6 °C as 1800 e 1900 UTC.

Na análise de direção do vento houve uma mudança brusca na direção do vento entre 15 e 1600 UTC, horário em que ocorreu a tempestade. Isso indica a presença do sistema convectivo pois um dos indícios que caracteriza a ocorrência de uma tempestade é a mudança repentina na direção do vento.

A análise de velocidade do vento mostra uma oscilação entre 1,5 e 6,3m/s na velocidade do vento até às 1300 UTC, com um máximo de 9,8 às 1900 UTC, horário em que se estendia o evento em estudo.

Os índices de instabilidades mostrados na radiossondagem (K, TT, SLI e CAPE) revelam a possibilidade de um tempo instável na cidade. O índice de instabilidade K da sondagem das 1200 UTC (09:00 local) no período de evento extremo esteve em 26, indicando possibilidade de formação de tempestades para o período da tarde ou início da noite, assim como o TT que mostrou um valor de 47, o SLI menor que -4 e o CAPE que está em 2217.

As análises das variáveis termodinâmicas das imagens de satélite no canal infravermelho e da precipitação indicam a presença de um sistema convectivo que ocorreu no dia 27 de setembro de 2012 na região metropolitana de Belém.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÀFICAS

EMBRAPA. Disponível em: http://eventos.cpatu.embrapa.br/public/conferences/1/schedConfs/1/accommodation-7.pdf. Acesso em: 12 ago.2013.

FERREIRA, A. G. Interpretação de Imagens de Satélites Meteorológicos: uma visão prática e operacional do Hemisfério Sul. Brasília-DF, Editora do MAPA, ago. 2012.

LOUREIRO, RENATA SILVA. M.S. Análise de uma Linha de Instabilidade Costeira na Região Leste do Estado do Pará. Disponível em: http://www2.ufpel.edu.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=54. Acesso em: 03 nov 2013.

LIMA, R. S. Correlação de Vento de Rajadas com Variáveis de Superfície. Disponível em: http://www.redemet.aer.mil.br/Artigos/rajada_sup_sbgr.pdf. Acesso em: 18 jun. 2013.

MARENGO, J., HASTENRATH, S. Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin**. Journal of Climate,** v.6, n p.617-617, 1993 . Acesso em: 13 ago. 2013.

MOLION, L.C.B. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. Revista Brasileira de Meteorologia, v.2, n. 1, p. 107 - 117 1987. Disponivel em: http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista_dl.php?id_artigo=506&id_arquivo=651. Acessado em: 14 dez. 2013.

Torre, R. R. Análise e modelagem dos distúrbios ondulatórios de leste que atuam na costa leste do Nordeste do Brasil. Disponível em: http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/08.20.23.59/doc/publicacao.pdf. Acesso em 01 ago. 2013.

TAVARES, J. P. N & MOTA, M. A. S. Condições termodinâmicas de eventos de precipitação extrema em Belém-PA durante a estação chuvosa. Rev. bras. meteorol. vol.27

no.2, p.1.out. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v27n2/a07v27n2. Acesso em: 21 ago. 2013.

XAVIER, T.M.; XAVIER, A.F.S.; ALVES, J.M.B. Quantis e eventos extremos – aplicações em ciências da terra e ambientais. Fortaleza: RDS Editora, Livrarias Livro Técnico, 2007.

Dias, V. S. Análise dos índices de instabilidade para previsão de formaçõesconvectivas severas para a região do aeródromo do Galeão. Disponível em: http://www.redemet.aer.mil.br/Artigos/inst_form_conect_sbgl.pdf. Acessado em: 21 jul. 2014.

PRUDENTE, C. N.; RAIA, A.; REIS, R. J. Comportamento Do Vento Na Região Metropolitana De Belo Horizonte. Disponível em: http://www.cbmet.com/cbm-files/14-02b163ebfb99f5d2d9c1c111e80b5509.pdf. Acesso em: 14 ago. 2012.

Disponível em:

http://www.dombosco.sebsa.com.br/curso/estudemais/geografia/atmosfera.php.Acesso em 03 mar. 2013

Disponível em:

http://www.ipmet.unesp.br/index2.php?menu_esq1=&abre=ipmet_html/saibamais/Saiba_Mais_arquivos/SM_Satelite.htm. Acesso em: 13 nov. 2012.

Disponível em:

http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap7/cap7-8.html. Acesso em 22 mai. 2012.